

ARBETSRAPPORT 1095–2021

Studier av avverkning med Flowcut, ett klenträdsaggregat

Örjan Grönlund, Albin Ekström Larsson & Dan Bergström



Avverkning med Flowcut i en talldominerad klen förstagallring. Foto: Örjan Grönlund.

Innehåll

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Förord | 3 |
| Sammanfattning..... | 4 |
| Bakgrund | 5 |
| Material och metod..... | 5 |
| Resultat | 7 |
| Diskussion | 8 |
| Referenslista | 10 |



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 6 september 2021 av Maria Iwarsson Wide, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 17 september 2021.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till Lennart Jansson, Mekfab Engineering, som uthålligt drivit och praktiskt genomfört projektet – från vision till prototyper - med stöd och insatser från projektets testvärdar vid Sveaskog respektive SCA samt representanter från forskningen vid Skogforsk och SLU. Projektet har bestått av ett nära samarbete inom den mindre projektgruppen, men utgår från en ”beställning” som formulerats av en samverkansgrupp kring klenträdsteknik vid Skogforsk.

Projektet har genomförts av Skogforsk och SLU med ekonomiskt stöd från Energimyndigheten och egeninsatser främst från Mekfab Engineering men också från Sveaskog, SCA och Skogforsk. Studierna genomfördes under 2018 och var planerade som en del av ett mer omfattande arbete. Men på grund av sjukdom i projektgruppen försenades och slutligen avbröts projektet. Resultaten från det arbete som genomförts redovisas i stället i denna arbetsrapport.

Uppsala 16 september 2021

Örjan Grönlund, Albin Ekström Larsson & Dan Bergström

Sammanfattning

Kostnaden för avverkning utgör en stor del av drivningskostnaderna i alla typer av gallring. Simuleringar har visat på en stor potential att sänka tidsåtgång och kostnader vid avverkning av klena träd om den görs som ett geometriskt uttag i krankorridorer. Effektiviteten kan dessutom höjas ytterligare om de avverkade stammarna avskiljs och ackumuleras kontinuerligt. Flowcut fällhuvud är det första aggregatet som utvecklats för att kunna tillämpa dessa principer i praktiken. Syftet med den genomförda studien var att i ett praktiskt test utvärdera en av de nya Flowcut-prototypernas funktionalitet och prestationspotential, samt att belysa dess styrkor och svagheter för att bidra till vidareutvecklingen av aggregatet.

Tidsstudier gjordes vid avverkning med en skördare utrustad med ett Flowcut-aggregat som använder sågklinga för avskiljning. Försöksområdet (0,78 ha) delades upp i fyra försöksytor. Antalet stammar som hanterades av aggregatet registrerades uppdelat i tre kategorier; stammar som togs tillvara, stammar som kapades men inte ackumulerades och stammar som rottrycktes (inte kapades helt men ändå ackumulerades). I studien särskildes träd som avverkats i stickvägen och träd som avverkats i krankorridorer mellan stickvägarna.

I medeltal avverkades 428 stammar per effektiv timme vid avverkning i stickvägar medan samma siffra var 537 vid avverkning i krankorridorer. Vid stickvägsträdsavverkning ackumulerades 4,0 träd per krancykel och i krankorridorerna ackumulerades 5,1 träd per krancykel. I 9 procent av krancyklerna rottrycktes ett eller flera träd, medan det i 3,6 procent av krankorridorerna avverkades träd som sedan tappades.

Aggregatets förmåga till avskiljning och ackumulering var god vid avverkning av relativt klena stammar, då kunde upp till 12 stammar ackumuleras i en enda krancykel. Men vid avverkning av träd grövre än 12–15 centimeter uppstod en så stor värmeutveckling att sågklingans och därmed aggregatets funktionalitet kraftigt påverkades negativt.

Sammanfattningsvis den Flowcut-prototyp som studerats 2018 betydligt mer effektiv både avseende avskiljning och ackumulering än tidigare version, som studerats 2015. Fortsatt utveckling av teknik och arbetsmetod är en förutsättning för att nå systemets fulla potential.

Bakgrund

Kostnaden för avverkning utgör en stor del av drivningskostnaden i alla typer av gallringar, i synnerhet där små träd hanteras. I tidiga gallringar finns den största potentialen att öka skördarens prestation, det vill säga att minska tidsåtgången för att fälla och lägga varje träd, och därmed sänka kostnaderna. Simuleringar har visat på en potential att åtminstone fördubbla prestationen i tidiga gallringar om aggregatet hålls i ständig rörelse under avverkning, vilket förutsätter att avskiljning och ackumulering av stammar sker kontinuerligt (Bergström m.fl., 2007). Störst möjlighet att nå denna potential finns i täta bestånd med mycket biomassa och om avverkningen görs som ett geometriskt uttag i krankorridorerna från stickväg. Flowcut är ett fällaggregat som är designat för att nå denna potential genom kontinuerlig avskiljning och ackumulering av små träd i krankorridorerna. En testbänksversion av aggregatet utvecklades, och studerades i ett småskaligt test 2015 (Grönlund m.fl., 2015). Testerna visade på att konceptet hade potential, men också ett antal punkter som krävde fortsatt utveckling. Sedan dess har utvecklingen av aggregatet fortsatt och under 2018 genomfördes fälttester av två aggregatsprototyper som skiljer sig avseende avskiljningen, ett var utrustat med en sågklinga medan det andra, likt tidigare testbänksversioner, utnyttjade ett fixerat sågsvärd med $\frac{3}{4}$ " sågkedja. Denna rapport avser aggregatet med klinga, medan aggregatet med fast sågsvärd redovisas i Grönlund m.fl. (2021).

Syftet med den genomförda studien var att utvärdera Flowcut-prototypens funktionalitet, prestationspotential samt att belysa dess styrkor och svagheter för att bidra till vidareutvecklingen av aggregatet.

Material och metod

Studien genomfördes i april 2018 nära Målerås, Småland. I försöket ingick 4 försöksytor som vardera bestod av 78–135 m stickväg med en bredd motsvarande kranens räckvidd (i medeltal 19,2 meter). Försöksytorna var tall-björk-blandskogar som röjts ett par år innan studien (tabell 1).

Tabell 1. Beståndsdata, innan åtgärd, för de fyra studerade försöksytorna.

| | Yta 1 | Yta 2 | Yta 3 | Yta 4 | Totalt |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Brösthöjdsdiameter (dbh), cm | 5,9 | 7,9 | 5,3 | 5,2 | 6,1 |
| Aritmetisk medelhöjd, m | 5,4 | 6,0 | 5,2 | 5,1 | 5,4 |
| Stam/ha >3 cm | 2 084 | 1 889 | 2 501 | 3 167 | 2 410 |
| Stam/ha <3 cm | 2 167 | 2 056 | 2 056 | 4 223 | 2 626 |
| Stam/ha tot | 4 251 | 3 945 | 4 556 | 7 390 | 5 036 |
| Trädslagsblandning (tall/gran/löv) | 32/2/66 | 24/4/72 | 25/1/74 | 22/1/77 | 26/2/72 |

Innan avverkning genomfördes inventering av 0,1575 ha inom beståndet som var totalt 10,2 ha (1,54 procent av arealen inventerades) genom systematiskt utlagda provytor med slumpad startpunkt. På 63 ytor som vardera var 25 m² registrerades trädslag och diameter på samtliga träd med brösthöjdsdiameter (dbh) > 3 cm. För stammar med dbh < 3 cm registrerades antal och trädslag. Trädhöjd och stubbdiameter (std) registrerades på samtliga stammar i var femte provyta.

Efter avverkning inventerades 3 meter breda transekter i varje försöksyta. Transekternas längd motsvarade uttagets bredd vid varje inventeringspunkt. I denna inventering registrerades trädslag, diameter och skador för samtliga stammar.

Studien omfattar tester av den version av Flowcut-aggregatet som utrustats med sågklinga. Aggregatet var monterat på en EcoLog 560D (195 kW) utrustad med en 11,5-meterskran (EcoLog 250 kran). Föraren i studien hade lång erfarenhet av skördarbete, men hade innan studien endast kört aggregatet ett fåtal timmar.

För att möjliggöra detaljerade studier av avverkningsarbetet i samband med krankorridoravverkning avverkades först stickvägsträden, och lades i högar som markerades med sprayfärg. Efter detta genomförde föraren avverkning i tvärgående korridorer längs denna stickväg. Placeringen av korridorerna bestämdes av föraren, men instruktionen var att undvika huvudstammarna närmast stickvägen och därefter placera korridorer i raka linjer, och fullfölja dessa även då det innebar att huvudstammar fälldes. Föraren placerade stammar som avverkats i respektive korridor i separata högar. Efter avverkning registrerades stubbskärsdiameter och trädslag på stammar grövre än 3 centimeter i varannan hög (krankorridor). Antalet stammar klenare än 3 centimeter i respektive hög registrerades.

De studerade ytornas storlek bestämdes genom en mätning med måttband längs med stickvägen. Mätningar av stickvägs- och uttagsbredd gjordes på totalt 13 punkter med 30 meters mellanrum längs hela den avverkade sträckan.

Tidsåtgång i olika arbetsmoment i avverkningen registrerades genom kontinuerliga tidsstudier. Den effektiva G_o-tiden delades in i fyra väl definierade arbetsmoment (kran ut från maskinen, avverkning, kran in/fällning och maskinförflyttning) där endast ett arbetsmoment registrerades samtidigt. Maskinförflyttning prioriterades lägre och

registrerades därför endast om kranen stod stilla samtidigt som förflyttningen pågick. Utöver denna G_0 -tid registrerades störningar som delades in i om de var orsakade av aggregatet, förarens ovana vid arbetsmetoden eller övriga störningar. Eftersom avverkningen av respektive yta genomfördes genom två överfarter, en vid upptag av stickväg och en vid krankorridoravverkning, halverades den observerade tidsåtgången för förflyttning i analyserna.

Parallellt med tidsstudierna registrerades antal avverkade stammar i varje krancykel samt om det var träd som rottrycktes och/eller kapades men inte ackumulerades (tappades) i samband med avverkningen.

För att studera aggregatets maximala hastighet vid avskiljning och ackumulering gjordes separata mätningar. I en annan del av försöksområdet mättes tidsåtgången för avverkning under sju krancykler, som varierade i längd från 5,7 till 10,2 meter. Dessa krankorridorer valdes subjektivt av försöksledarna och avsikten var att uppnå variation både avseende diameter på avverkade träd och täthet i beståndet. Krankorridorerna innehöll vardera tre till sju stammar. Tidtagningen inleddes när aggregatet sattes i rörelse cirka en meter före första stammen och avslutades cirka en meter efter sista stammen.

Tidsåtgången i avverkningsarbetet redovisas som effektiv tid utan stillestånd (G_0 -tid) i sekunder per träd och antal avverkade stammar per effektiv arbetstimme (G_0h). Samtliga värden är medelvärden per yta och i de fall totala värden för hela försöket presenteras är det medelvärden av dessa ytvisa medelvärden.

Resultat

Tidsstudierna omfattade totalt avverkning av 988 stammar under 138 minuter effektiv G_0 -tid. 461 av stammarna avverkades i stickväg medan 527 stammar var fördelade på de 101 krankorridorer som avverkades. Avverkningen i krankorridorer hade nominellt men inte signifikant högre effektivitet och grad av ackumulering än avverkningen i stickvägarna (Tabell 2). Arbetsmomentet "Kran in" var det enda där det observerades en signifikant skillnad mellan stickvägsträd och träd i krankorridorer. (Tabell 2, Tabell 3).

Tabell 2. Effektivitetsmått från avverkningen uppdelat på krancykler vid avverkning av stickvägsträd och avverkning av träd i krankorridorer.

| | Stickväg | | | Krankorridor | | |
|---------------------------|----------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| | Medel | Min | Max | Medel | Min | Max |
| Avverkade träd per G_0h | 428 | 360 | 450 | 537 | 334 | 567 |
| Träd per krancykel | 4,0 | 3,5 | 4,7 | 5,1 | 3,7 | 6,1 |
| Sekunder per träd | 7,6 | 6,6 | 8,4 | 5,7 | 4,5 | 7,4 |

Tabell 3. Medelvärden för tidsåtgång uppdelat på studerade arbetsmoment i sekunder per avverkat träd.

| | Stickvägsträd | Krankorridor | Signifikant skillnad, $p < 0,05$ |
|--------------|---------------|--------------|----------------------------------|
| Kran ut | 1.19 | 0.84 | Nej |
| Avverkning | 3.99 | 3.27 | Nej |
| Kran in | 2.43 | 1.64 | Ja |
| Förflyttning | 0.86 | 1.18 | Nej |
| Total | 8.46 | 6.93 | Nej |

I 9,2 procent av krancyklerna kapades ett eller flera träd som sedan inte ackumulerades. I 3,6 procent av krancyklerna rotrycktes ett eller flera träd, dessa stammar kapades därefter oftast och blev en del av uttaget. Det var inga signifikanta skillnader i dessa förekomster mellan avverkning av stickvägsträd och avverkning av träd i krankorridor.

Aggregatets framföringshastighet vid avverkning uppmättes till 0,4–0,8 meter/sekund. Hastigheten påverkades inte signifikant varken av antalet stammar som avverkades eller den stubbarea som avverkades i varje korridor.

Diskussion

Denna rapport beskriver det hittills mest omfattande fälttestet av Flowcut, det första aggregat som konstruerats för att genomföra kontinuerlig avverkning i krankorridor. Testet är trots detta relativt begränsat och fokuserat på att ge en enklare bild av aggregatets funktionalitet. Jämfört med testbänksversionen från 2015 har utvecklingen gått långt framåt även om en del tekniska utmaningar återstår att lösa innan aggregatet har möjlighet att göra krankorridor gallring av täta klena bestånd lönsamt.

I studien var den observerade produktiviteten lägre än vad som observerades vid den tidigare Flowcutstudien (Grönlund m.fl., 2015), 360-567 avverkat stammar/G₀h jämfört med 552-653 stammar/G₀h. I studien från 2015 var stamtätheten betydligt högre samtidigt som storleken på de avverkade stammarna var lägre, båda faktorer som verkar för att höja denna typ av produktivitet.

Krankorridor gallring är en avverkningsmetod som har störst potential att öka effektiviteten i avverkning när stamtätheterna är högre och antalet stammar som avverkas i varje krankorridor är högt. I den rapporterade studien avverkades i medeltal 4,57 stammar per krancykel. Det bestånd där testerna genomfördes var klenare men framför allt glesare, med lägre stamtäthet, än vad Flowcut-aggregatet konstruerats för. De pågående testerna var inledningen av en längre testperiod och i detta skede gavs prioritet åt att genomföra funktionalitetstester framför att maximera produktiviteten.

Krankorridor gallring görs bäst med en arbetsmetodik där alla träd i en krankorridor avverkas i en svepande rörelse. En utmaning är då för maskinföraren att hålla aggregatet på en konstant höjd ovanför marken, för att uppnå låga stubbar samtidigt som stenar och andra hinder på marken undviks. Den studerade maskinkonfigurationen var inte utrustad

med en parallellförande kran vilket försvårade detta arbetssätt, vilket hade en ej kvantifierad negativ inverkan på prestationen i avverkningen.

Föraren i studien var mycket erfaren vid avverkningsarbete, men hade däremot enbart använt Flowcut-aggregatet ett par timmar innan studien genomfördes. Föraren var inte heller bekant med arbetsmetodiken vid krankorridor gallring. Därtill hade föraren endast kört testmaskinen, och EcoLog-maskiner i allmänhet, ett par månader. Detta var faktorer som var kända vid försökets inledning och avsikten var att beakta detta vid senare studier. Men i och med att dessa uteblivit är det svårt att uttala sig om den inverkan detta haft på effektiviteten i arbetet.

Studien har gjorts under kontrollerade förutsättningar med en duktig förare, som i samband med studien kan antas ha koncentrerat sig lite extra samtidigt som studien endast avser effektiv tid. Detta gör att de siffror som presenteras om aggregatets prestation är högre än vad som är möjligt att långsiktigt uppnå vid löpande körning. Driftstörningar registrerades vid studien, men studiens begränsade omfattning gör att dessa inte kan kvantifieras. Den främsta källan till kortare driftstörningar under studien var att aggregatet och därmed sågklingan, i samband med kapning av i sammanhanget grövre träd, kom att vila på de kapade stubbarna vilket gav upphov till mycket friktion och värmeutveckling. Denna värmeutveckling blev stundtals, framför allt efter avverkning av flera stammar med en diameter grövre än 12–15 centimeter, så hög att sågklingan blev mjuk och började wobbla, vilket gjorde att träden mer frästes än sågades, vilket i sin tur medförde fortsatt värmeutveckling. Under studien löstes detta genom att aggregatet sänktes ner i snön och klingan svalnade på ett par sekunder.

Studiens resultat bör sammanfattningsvis inte generaliseras till allt för långtgående jämförelser med andra tekniska alternativ. Studien är däremot en grund för att se vilken utveckling som skett sedan det senaste testet av testbänksversionen 2015.

Referenslista

Bergström, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. (2007). Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. *Silva Fennica*, 41(1), article id 311.

Grönlund, Ö., Bergström, D., Iwarsson Wide, M. & Eliasson, L. (2015). Flowcut aggregat för klenträäd - ett första test. Uppsala: Skogforsk. Webbartikel 145–2015.

Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Iwarsson, M. 2021. Tester av avverkning med Flowcut i täta ungskogar på Hornsö. Uppsala, Sverige: Skogforsk. Arbetsrapport 1095–2021